Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Die Incrustation der Membran von *Acetabularia*.

Von **H. Leitgeb.**

(Mit 1 Tafel.)

Legt man in Alkohol conservirte Sprosse von *Acetabularia* in verdünnte Säuren, so erfolgt bekanntlich eine sehr starke Gasausscheidung, und die reichliche Bildung von Gypsnadeln bei Anwendung von Schwefelsäure deutet unzweifelhaft auf das Vorhandensein des Calciumcarbonates. Wendet man statt Schwefelsäure mässig verdünnte Salzsäure an, so wird der ganze Spross vollkommen durchsichtig. Hat das Reagens auch nur einige Stunden eingewirkt, so erfolgt nach vorhergegangenem Auswaschen und späterem Zusatz von Schwefelsäure keine Gasblasenbildung und ebenso wenig eine Gypsabscheidung; ein Beweis, dass das Kalksalz durch die Säure vollkommen entfernt wurde.

Ganz anders aber ist die Erscheinung, wenn man die Lösung des Kalksalzes mit verdünnter Essigsäure versucht. Auch hier erfolgt anfangs reichliche Gasausscheidung, aber die Sprosse bleiben, wenn diese endlich aufgehört hat, stellenweise vollkommen dunkel, die Membran und namentlich die des Schirmes erscheint fast ebenso dicht gekörnt, wie vor der Einwirkung der Säure, und es ändert sich auch das Ansehen nicht, wenn man die Sprosse Tage lang der Einwirkung des Reagens aussetzt. Dass durch diese Operation das Calciumcarbonat aber vollkommen entfernt wurde, ersieht man daraus, dass an derartig behandelten Sprossen die spätere Einwirkung einer stärkeren Säure nie mehr eine Gasentwicklung hervorruft. Wohl aber entstehen bei Anwendung von Schwefelsäure noch immer massenhaft Gypsnadeln, und namentlich am Schirme ist, nach dem allgemeinen Eindrucke zu schliessen, die Gypsbildung quantitativ nur wenig geringer, als vor der Einwirkung der Essigsäure.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Es ist also neben dem Calciumcarbonat noch ein anderes, in Essigsäure unlösliches Kalksalz, und zwar in beträchtlicher Menge vorhanden, und es kann kaum auf ein anderes als auf das Calciumoxalat gedacht werden.[1] Es spricht dafür auch das Verhalten der mit Essigsäure behandelten Sprosstheile in der Hitze; denn nach dem Glühen löst sich die rückständige Masse unter Brausen in diesem Reagens und wieder erhalten wir bei Anwendung von Schwefelsäure reichliche Gypsausscheidung.[2]

Von der Vertheilung der beiden Kalksalze am und im Schirmsprosse kann man sich schon durch Vergleichung der Stärke der Gasentwicklung an den einzelnen in verdünnten Säuren untergetauchten Sprosstheilen eine ungefähre Vorstellung verschaffen. Im Allgemeinen ist die Gasentwicklung am Stiele stärker als am Schirme, und nimmt an jenem von der Basis nach der Spitze ab. In dem Schirme zeigen die centralen Theile und der Rand weit reichere Gasabscheidung als die Mitte. Hat man zur Entfernung des Calciumcarbonates Essigsäure angewendet, so werden die Stellen bevorzugter Gasentwicklung auch heller, während die, wo eine solche nur schwach oder ganz unterblieben war, in durchfallendem Lichte, wie an unbehandelten Sprossen, dunkel erscheinen. Aber auch an jenen Stellen, wo die Membran vollkommen hyalin geworden ist, treten nun da und dort dunkle Scheibchen und Flecken hervor (Fig. 3*b*), und man erkennt schon bei schwachen Vergrösserungen, dass mindestens der Rand derselben von mehr oder minder ausgebildeten Krystallen gebildet wird, die auch zwischen gekreuzten Nicols hell aufleuchten, während die Scheibenmitte dunkel erscheint, aber doch auch von

---

[1] Die Unveränderlichkeit der Schnitte in mässig concentrirter Kalilauge schliesst das etwaige Vorhandensein der Traubensäure aus. Auf andere häufiger vorkommende organische Säuren ist nach dem Verhalten gegen Wasser und Essigsäure (Unlöslichkeit) ohnedies nicht zu denken.

[2] Durch die Angabe de Bary's über die abnorm geringe Incrustation und den enormen Magnesiagehalt seiner in Cultur gezogenen Keimpflänzchen aufmerksam gemacht, habe ich natürlich nicht unterlassen, auch das etwaige Vorhandensein eines Magnesiasalzes in Betracht zu ziehen. Die Schwerlöslichkeit der durch Schwefelsäurezusatz entstandenen Krystallnadeln in Wasser, wie die Prüfung mit oxalsaurem Ammoniak sprechen aber entschieden gegen die Anwesenheit grösserer Mengen dieses Stoffes. (Vergl. darüber auch später.)

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

aufleuchtenden Punkten durchsetzt wird. Auch ausserhalb dieser Scheibchen an den hyalin gewordenen Membrantheilen beobachtet man Krystalle: theils grössere einzelne in der bekannten Form der Quadratoktaëder und regelmässiger Ausbildung, theils durch Skeletbildung in vier-, seltener in achtstrahlige Sterne übergehend. Auch Combinationen und Zwillingsbildungen sind häufig genug, und ein derartig behandelter Schirmtheil gibt eine wahre Musterkarte der verschiedensten Krystallformen. (Fig. 9.)

Ein Theil dieser grösseren mehr oder minder schön ausgebildeten Krystalle liegt unzweifelhaft frei im Zellinhalte. Sie lassen sich in den contrahirten Inhaltsklumpen, die durch Zerreissen der Zelle ohne Mühe frei gelegt werden können, leicht nachweisen.[1] Der grösste Theil derselben aber liegt der Innenfläche der Zellwand an, doch lässt es sich in Flächenansichten

---

[1] Von den in den Inhaltsklumpen ebenfalls häufig und oft in grosser Menge vorhandenen hexaëdrischen Eiweisskrystallen (die auch in Keimpflänzchen und selbst in Sporen vorkommen) lassen sie sich natürlich leicht unterscheiden. Abgesehen davon, dass diese schon durch ihre Krystallform (mit bis 10 μ Kantenlänge), die Gelbfärbung mit Jod, die Quellungserscheinungen (die Kanten werden oft um das Doppelte verlängert) von jenen verschieden sind, zeichnen sie sich auch durch ihre grosse Widerstandsfähigkeit gegen stärkere Säuren aus. Legt man ganze Schirme in mässig verdünnte Salzsäure, so werden die Zellhäute in Folge der Lösung der Kalksalze glashell und man sieht nun durch dieselben auf das Deutlichste die contrahirten Inhaltsmassen und diesen eingebettet oder der Innenfläche der Zellwand ansitzend, die Eiweisshexaëder und die erhalten gebliebenen Inulinsphärite, welche aber bei noch längerer Einwirkung der Säure ebenfalls verschwinden, so dass nun von den mannigfachen krystallinischen Bildungen nur mehr jene Hexaëder erhalten bleiben.

Diese Behandlung der Schirme mit verdünnter Salzsäure ist sehr wohl geeignet, uns über die Vertheilung der Sphärite wie der Eiweisskrystalle zu informiren. Manche Schirmstrahlen erscheinen mit Sphäriten oft geradezu vollgepfropft, während sie in anderen ganz oder fast ganz fehlen und ebenso erscheinen auch die Eiweisskrystalle in einigen Strahlen in ganz überraschender Menge, während sie in anderen nur in wenigen Exemplaren vorkommen. Letztere sind also auch schon in der lebenden Pflanze nach den Schirmstrahlen ungleich vertheilt; für die Sphärite ist es aber wahrscheinlich, dass die locale Anhäufung ausschliesslich auf die durch das Einlegen in Alkohol hervorgerufenen und nach bestimmte Stellen der Ausfällung gerichteten Diffusionsströme bewirkt wird. Dass diese Sphärite, wenigstens vorwiegend, aus Inulin bestehen, dafür spricht nicht bloss die auf Zusatz von

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

nicht entscheiden, ob sie derselben nur anhaften, oder theilweise in dieselbe eingelassen oder ganz in ihr eingebettet sind. Zur

---

α-Naphtol und Schwefelsäure sich rasch einstellende Farbenreaction, welche wie Molisch zeigte, das Inulin (ebenso wie den Zucker) anzeigt; es spricht dafür auch die Thatsache, dass beim Kochen mit verdünnten Säuren ein die Fehling'sche Lösung reducirender Körper entsteht, welche Reaction mir anfangs, ebenso wie Hansen nicht gelang, die aber unfehlbar eintritt, wenn man nur concentrirtere Extracte anwendet. (Vergl. später.)

Ich möchte bei dieser Gelegenheit noch eine andere Erscheinung berühren: Schon Woronin (l. c. pag. 205) hatte beobachtet, dass junge Individuen öfters röthlich gefärbt sind. Er bemerkt, dass die rothe Substanz („matière rouge") öfters nur in den Haargliedern, manchmal aber auch in den Schirmstrahlen auftrete. De Bary, hatte in seinen Culturen roth oder röthlich gefärbte Sprosse nicht beobachtet, fand aber in jeder Spore in dem von einer wasserhellen Substanz erfüllten Mittelraum eine Anhäufung von kleinen, runden Pigmentkörnchen oder Tröpfchen, die in der intacten Spore lebhaft bräunlich roth, freigelegt aber rein intensiv carminroth gefärbt sind.

Ich habe hie und da in ausgewachsenen Schirmsprossen, häufiger in jungen mit noch nicht vollkommen ausgebildeten (und ausgebreiteten) Schirmen des Alkoholmateriales lebhaft carminroth gefärbte, aus Körnchen, geraden und verbogenen Stäbchen und Plättchen bestehende Klumpen einer Substanz gefunden, die unzweifelhaft mit dem von de Bary in den Sporen gefundenen Pigmente identisch ist. Die Klumpen sind von verschiedener Grösse und zeigen bald eckigen Umriss und scharfe Umgrenzung, bald stellen sie unregelmässig begrenzte Haufen von Körnchen dar, die an der Peripherie immer kleiner und lockerer gestellt sind, so dass eine scharfe Umgrenzung des Körnchenaggregates fehlt. Hie und da treten auch einzelne grössere eckige Körner über die Peripherie des Haufens hervor oder sind selbst vollkommen isolirt. Diese eckigen Körner zeigen deutliche Doppelbrechung und ebenso auch jene Haufen, die aus locker gestellten und grösseren Körperchen bestehen. Es sind also Krystalle, in welchen der rothe Farbstoff erscheint. Einzelkrystalle, Krystallgruppen, wie die aus kleinen und wohl amorphen Körnchen bestehenden Aggregate zeigen genau die von de Bary angegebenen Reactionen. Sie sind in Äther leicht löslich, ebenso in starkem Alkohol (was sich unter dem Mikroskope direct beobachten lässt); durch Schwefelsäure nehmen sie eine schöne, blaue, aber bald verschwindende Farbe an. Auch in anderen Säuren und ebenso in Kalilauge (bei nicht zu langer Einwirkung) bleiben sie in Bezug auf Farbe und Form und Grösse unverändert. Erwärmt man in Kalilauge liegende Haufen etwas, so fliessen die Körnchen zu grösseren, lebhaft roth gefärbten Tropfen zusammen, die sich nach Zusatz von Alkohol lösen. Die Körnchen und Krystalle sind nicht quellungsfähig, was ich desshalb hervorhebe, weil man sonst auf die Cramer'schen Rhodosperminkrystalle denken könnte, mit denen die Substanz sonst im Verhalten gegen die verschiedenen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Feststellung dieser ihrer Lagerung und wie überhaupt der Vertheilung der Kalksalze in der Membran sind dünne Querschnitte durch dieselbe unbedingt nothwendig. Bevor ich jedoch auf diese Verhältnisse näher eingehe, möchte ich Einiges über den gröberen Bau der Zellenwandung im Allgemeinen vorausschicken.

Die Zellenwandung von *Acetabularia* besteht nach Nägeli,[1] dem im Wesentlichen auch Woronin[2] folgt, aus drei wohl unterscheidbaren Schichtencomplexen (Schalen). Die innerste von Nägeli als die eigentliche Zellmembran bezeichnete Schale, von der Dicke der Zellwand etwa einer Spirogyrazelle, erscheint immer structurlos hyalin und ist beiderseits mit scharfer Contour begrenzt. Ihr liegt nach aussen an eine durchsichtige gallertartige concentrisch gestreifte von Nägeli als innere Lage der Extracellularsubstanz bezeichnete Schale, die immer frei von Kalkeinlagerungen sein soll. Dieser folgt eine mindestens doppelt so mächtige äussere Lage, welche durch massenhafte Kalkeinlagerungen undurchsichtig und gekörnt erscheint. Auf sehr dünnen Querschnitten zeigt sich auch diese Schale häufig concentrisch geschichtet, und zwar so, dass concentrische Reihen von Kalkkörnchen mit körnerfreien Schichten abwechseln.

Diese Angaben über den Bau der Zellenwandung sind im Allgemeinen richtig. Nur möchte ich ergänzend hinzufügen, dass die Kalkeinlagerung nicht auf die äussere Schale beschränkt zu sein braucht, sondern da und dort und mehr oder weniger tief auch in die innere Schale eingreift, dass diese häufig und ebenso im Stiele wie im Schirme nicht minder reich als jene von Kalkkörnchen durchsetzt ist, ja dass in derselben und namentlich im

---

Reagentien auffallend übereinstimmt. Wir haben es jedenfalls mit einem fettartigen Stoffe zu thun, der in der lebenden Pflanze in Form feiner Tröpfchen im Protoplasma vertheilt ist, und durch schwächeren Alkohol an einzelnen Stellen zu grösseren Klumpen zusammentritt, eventuell wohl auch auskrystallisirt. Dass diese Klumpen erst durch die Einwirkung der Einlegeflüssigkeit gebildet werden, dafür spricht der Umstand, dass sie öfters auch ausserhalb der contrahirten Inhaltsklumpen der Zellwand anhaftend gefunden werden, obwohl sie in der Regel in den peripherischen Partien eingebettet erscheinen. Mit der Eiweisshexaëdern hat diese Substanz jedenfalls nichts zu thun!

[1] Neuere Algensysteme S. 158.

[2] Ann. des sc. nat. 4 sér. T. XVI.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Schirme auch grössere sphärolithische Körper und selbst ausgebildete Krystalle gefunden werden. Auch verdient bemerkt zu werden, dass die von Nägeli als eigentliche Zellmembran bezeichnete innerste an das Lumen angrenzende Membranschichte als selbstständige Lage öfters nicht hervortritt und durch einen dünnen plasmatischen Wandbeleg ersetzt erscheint.

Im Stiele, namentlich älterer Pflanzen, zeigt die Zellenwandung nach aussen keine scharfe Abgrenzung und die von Kalkkörnchen durchsetzte Membransubstanz geht unmerklich in den von einer reichen Algenvegetation durchsetzten und zusammengehaltenen Detritus über. Ich will gleich hier hervorheben, dass die Fadenalgen auch häufig in die Zellenwandung des Stieles und zwar ziemlich tief eindringen. In entkalkten Stielen lassen sich die Fäden auf weite Strecken hin in der Quer- und Längsrichtung und vorzüglich dem Verlaufe bestimmter Schichten folgend, leicht verfolgen und treten bei Anwendung von Jodlösung durch die starke Gelbfärbung ihres Gehaltes (eventuell Blaufärbung vereinzelter Stärkekörner) noch schärfer hervor. (Vergl. Fig. 1, 2.)[1]

Die Schirmstrahlen zeigen ebenso wie die oberen Stieltheile immer eine starkentwickelte Cuticula. An dünnen Querschnitten sieht man ferner häufig, dass die Kalkeinlagerung nicht bis an sie hinanreicht, sondern durch eine vollkommen hyaline Lage

---

[1] Es beziehen sich diese Angaben vorzüglich auf die Pflanzen meines aus Rovigno stammenden Untersuchungsmateriales. Ich habe kaum einen Schirmstiel gesehen, dessen Membran von den Algenfäden nicht geradezu durchwachsen gewesen wäre. Es gehören dieselben, nach der Meinung Dr. Hauck, der so gütig war, einige Schirmsprosse zu untersuchen, der *Phaeophila Floridearum* Hauck an. In vielen Stielen ist eigentlich der ganze Thallus dieser Pflanze innerhalb der Membran, aus der nur die farblosen, röhrigen Rückenborsten herausragen. An den wenigen Mittelmeerpflanzen, die ich zu untersuchen Gelegenheit hatte, fand ich diesen Parasiten nicht und da auch in der Literatur einer so auffallenden Erscheinung nirgends Erwähnung gethan ist, scheint dieselbe überhaupt nicht beobachtet worden zu sein. Da im Golf von Neapel *Acetabularia* gemein ist und auch *Phaeophila* (= *Ochlochaete*) vorkommt, so ist das Unterbleiben der Ansiedlung jedenfalls auffallend. Die Mittelmeerpflanzen sind zwar ebenfalls von zahlreichen Epiphyten bewohnt und einige derselben setzen sich mit ihren Haftorganen ebenfalls in der Membran fest, doch dringen sie selten in tiefere Schichten derselben vor, und bilden nur flache, mulden- oder rinnenförmige Einsenkungen.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

vom Ansehen der Innenschicht von ihr getrennt erscheint. Bei Einwirkung von Quellungsmitteln ist es diese körnerfreie, äusserste Lage, welche zuerst und sehr stark quillt, dadurch die Cuticula blasig abhebt und stellenweise durchbricht. Besonders stark entwickelt ist dieselbe an den Ansatzstellen der Kammerscheidewände, wo sie, ähnlich wie die cutisirten Schichten an den Aussenwänden so vieler Epidermen höherer Pflanzen keilförmig nach innen vorspringt. Tritt eine solche hyaline, der Cuticula anliegende Membranpartie nicht hervor, so reicht entweder die feinkörnige Einlagerung bis unter jene, oder es findet sich an dieser Stelle eine Lage grösserer, dicht gedrängter, polygonalen Umriss zeigender Körper, die zweifellos Kalkkrystalle darstellen. Genau dieselben Verschiedenheiten, wie an dieser die eigentliche körnige Schale nach aussen begrenzenden normal körnerfreien Schichte finden wir auch an der jener innen anliegenden Innenschicht. In vielen Fällen ist sie allerdings, wie Nägeli und Woronin angeben, vollkommen kalkfrei. Aber ebenso häufig reicht, wie schon erwähnt, die feinkörnige Einlagerung von der Aussenschicht in sie hinein, bald nur stellenweise, bald in der Erstreckung ganzer Schirmstrahlen, bald nur zur Hälfte ihrer Dicke, bald wieder dieselbe ganz durchsetzend, so dass die Abgrenzung beider Schalen vollkommen verschwindet.

Dieselbe Ungleichförmigkeit in der Einlagerung nach Grösse der Kalkkörnchen und nach ihrer gleichmässigen Vertheilung oder localen Anhäufung beobachtet man auch innerhalb der eigentlichen kalkführenden Schichte, wenn sie auch an direct aus Alkoholmaterial genommenen und nicht weiter behandelten, möglichst dünnen Querschnitten wegen der durch die immerhin starke Einlagerung bedingten Undurchsichtigkeit derselben leicht übersehen werden kann.

Viel deutlicher als an Querschnitten tritt die ungleiche Vertheilung der Kalkeinlagerung in der Flächenansicht der Zellenwandung hervor. Schon an ganzen Schirmen erscheinen im durchfallenden Lichte hellere und dunklere Membranpartien. Ist, wie an grösseren Schirmen (die wahrscheinlich mehrjährigen Pflänzchen angehören)[1] der grösste Theil der Schirmfläche

[1] Vergl. de Bary, l. c. S. 716, 719.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dunkel, so erscheinen die helleren Partien in Form von oft scharf umgrenzten, kreisrunden Flecken[1], welche zwischen gekreuzten Nicols dunkel erscheinen, während die übrige Membran von grösseren und kleineren, hell aufleuchtenden Körnern und Krystallen durchlagert erscheint. Wie ein Querschnitt zeigt, rühren diese helleren Partien daher, dass mehr oder weniger scharf begrenzte Stellen der Membran viel weniger reichlich gekörnt erscheinen, und zwar, wenn auch die Mittelschicht incrustirt ist, entweder nur in der Aussenschicht oder durch die ganze Membrandicke. Wenn nach Lösung der Kalksalze durch verdünnte Salzsäure die ganze Membran sich aufhellt und nun ein poröses, schwammiges Aussehen gewinnt, so bleiben diese früher hell erschienenen Flecke noch immer erhalten, und zwar dadurch, dass in den betreffenden Membranpartien die den Hohlräumen entsprechenden Stellen (wohl in Folge der geringen Quellung der Membransubstanz) durch scharfe Umgrenzung viel deutlicher hervortreten. Es erscheint die Membran wie von vielfach verzweigten und anastomosirenden, aber vorzüglich in radialer Richtung verlaufenden Porencanälen durchzogen (vergl. Fig. 8), und ich glaube, dass an diesen Stellen dieselbe in der That von Flüssigkeiten leichter durchdrungen wird, da die in Folge des Einlegens ganzer Schirmsprosse in Alkohol sich bildenden Sphärite vorzüglich innerhalb dieser Partien der Membran anhaften.

Ganz anders als an diesen älteren stark incrustirten Schirmen ist das Aussehen der Membran an kleineren, die vielleicht in derselben Vegetationsperiode aus Keimpflänzchen hervorgegangen sind. (Vergl. de Bary l. c.) Hier erscheint im durchfallenden Lichte der grösste Theil der Zellwandung hell und ungemein scharf heben sich davon ab dunkle, kreisrunde Flecken, die zwischen gekreuzten Nicols am Rande stark aufleuchten, wäh-

[1] Sie haben natürlich mit den von Woronin beobachteten hellen Flecken, welche im vorbereitenden Stadium der Sporenbildung im wandständigen Protoplasma entstehen sollen, nichts zu thun; wohl aber dürften sie zu der Bildung der Löcher, die später häufig in der Schirmwandung sich bilden und die Entleerung der Sporen erleichtern, in Beziehung stehen. Es wären dies dann ähnliche, vorgebildete Austrittsstellen für die Sporen, wie die Deckelbildung an dieser selbst.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

rend ihre Mitte wie auch die übrige Membranfläche dunkel bleibt, aber von hell aufleuchtenden Krystallen, die schon im einfachen Lichte leicht sichtbar sind, besetzt erscheint. Wie ein Querschnitt lehrt, liegt der Grund dieses wechselnden Aussehens verschiedener Membranpartien in der ungleichmässigen Incrustation der Innenschicht, in der Weise, dass das Kalksalz entweder in der Form isolirter, grösserer Krystalle und krystallinischer Körner die Schichte durchlagert, oder an bestimmten Stellen in Form flacher Scheibchen angehäuft erscheint, die im Centrum aus dicht gedrängten, rundlichen Körnern bestehen und an der Peripherie von grösseren, oft sehr schön ausgebildeten Krystallen umsäumt werden.

Diese beiden verschiedenen Arten der Vertheilung der Kalksalze in der Membran, die durch mannigfache Übergangsstufen mit einander verbunden sind, kommen übrigens häufig genug an demselben Schirm, ja an benachbarten Schirmstrahlen vor, wenn auch, wie schon oben erwähnt, an grösseren Schirmen mehr die erste, an kleineren mehr die zweite Art der Einlagerung vorherrscht. Auch findet man häufig Schirme, deren mittlere Partien die erste (gleichmässige, starke Incrustation mit kalkärmeren Stellen), deren Rand und centraler Theil aber die zweite (schwache Incrustation mit kalkreicheren Stellen) Art der Vertheilung aufweisen.

Da, wie ich oben gezeigt habe, die Incrustation ganz zweifellos nicht ausschliesslich, ja häufig nur zum geringeren Theile durch das Calciumcarbonat bewirkt wird, und namentlich im Schirme vor allem das Calciumoxalat als incrustirende Substanz auftritt, so ist natürlich die Beantwortung der Frage von hohem Interesse, ob diese beiden Kalksalze ganz beliebige Stellen der Membran einnehmen oder ob jedes derselben an bestimmte Schalen (Schichtencomplexe) gebunden ist. Obwohl sich nun eine durchgreifende Regel der Vertheilung nicht aufstellen lässt und an den sich entsprechenden Stellen verschiedener Schirmsprossen bald das eine bald das andere Kalksalz vorzukommen scheint, so kann doch im Allgemeinen so viel gesagt werden, dass die inneren Membranpartien (namentlich die Innenschicht) wohl fast ausschliesslich durch Calciumoxalat, die äusseren durch das Carbonat incrustirt erscheinen, ferner

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

dass letzteres von der Basis des Stieles nach dem Schirm hin allmälig abnimmt, in diesen oft fast ganz fehlt, und hier durch das Oxalat vertreten ist. Es ist ja auch schon von verschiedenen Forschern jene Vertheilung des Carbonates hervorgehoben und betont worden, dass manche Schirme ganz kalkfrei zu sein scheinen. Man hat sich aber durch die vorgefasste Meinung, aller Kalk sei als Carbonat vorhanden, täuschen lassen und hat aus der Stärke der Gasentwicklung beim Einlegen der Sprosse in stärkere Säuren auf die Stärke der Incrustation geschlossen. Ich habe aber schon oben hervorgehoben, dass isolirte Schirme, an welchen nach Behandlung mit verdünnter Schwefelsäure eine Gasentwicklung nur in höchst geringer Menge zu beobachten ist, doch massenhafte Gypsbildung zeigen, und dass bei Anwendung von Essigsäure das incrustirende Salz zum grossen Theile erhalten bleibt. Anderseits kann es auch nicht zweifelhaft sein, dass die reichliche Gasentwicklung in den unteren Stieltheilen nicht ausschliesslich von dem in der Membran enthaltenen Calciumcarbonat herstammt, sondern vielfach auch von dem kalkigen, durch eine reiche Algenvegetation zusammengehaltenen Detritus, der öfters in Form einer fest anschliessenden Scheide die Basaltheile des Stieles einhüllt und schwer zu entfernen ist.

Als Unterschied in der Einlagerung beider Kalksalze kann ferner angegeben werden, dass das Carbonat immer in Form einer ungemein feinkörnigen Incrustation auftritt, und dass die grösseren Körner (sphärolithische Bildungen) und Krystalle immer und ausschliesslich aus dem Oxalat bestehen.

Ich werde im Folgenden statt weiterer allgemeiner Ausführungen einige specielle, die Vertheilung der Kalksalze illustrirende Fälle besprechen. Bevor ich jedoch dies thue, möchte ich einige Andeutungen über die Methode der Beobachtung mittheilen, und auf einige Vorsichtsmassregeln aufmerksam machen, deren Beobachtung nothwendig ist, um sich vor Täuschungen zu bewahren:

Es ist erstens zu beachten, dass die durch Einwirkung der Säuren bewirkte Zersetzung des Calciumcarbonates sich nicht nothwendigerweise äusserlich durch die Gasentwicklung zu erkennen gibt. Abgesehen davon, dass die Kohlensäureentwicklung bei Anwesenheit nur geringer Mengen des Salzes leicht

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

übersehen werden kann, dass sie ferner öfters nur an wenigen hervorragenden und vom Sitze des Salzes entfernten Punkten stattfindet, scheint auch die ungemein feine Vertheilung desselben in der gallertartigen Membransubstanz der Zurückhaltung des Gases förderlich zu sein. Namentlich an feinen unter dem Deckglase liegenden Schnitten beobachtet man sehr häufig bei Zusatz von Essigsäure eine Aufhellung der äusseren Membranschichten unter Verschwinden der Körnelung (also eine Lösung der Kalksalzes) ohne irgend eine Spur von Gasentwicklung, während andere denselben Membranpartien entnommene Schnitte auf den Objectträger im offenen Tropfen behandelt, eine solche wahrnehmen lassen. Ganz etwas Ähnliches habe ich zu wiederholten Malen bei Untersuchung der Cystolithen in älteren Blättern von *Ficus elastica* wahrgenommen. In der Regel beobachtet man ja bekanntlich nach Zusatz von Schwefelsäure reichliche Gasentwicklung, aber öfters sah ich bei gleicher Behandlung die Gypsbildung von keiner Gasentwicklung begleitet. Es ist nicht anzunehmen, dass in diesen Fällen ein anderes Kalksalz (etwa das Oxalat) eingelagert gewesen wäre, sondern ich glaube, dass auch hier die frei gewordene Kohlensäure in der quellenden Membransubstanz zurückgehalten, das heisst von ihr absorbirt werde.[1]

Wenn man Schirmstücke oder Schnitte aus solchen, nach Entfernung des Calciumcarbonates mittelst Essigsäure und erfolgtem Auswaschen verbrennt, so wird natürlich das noch vorhandene Calciumoxalat in Carbonat umgesetzt, das nun bei Einwirkung von Säuren unter Aufbrausen zersetzt wird. Macht man die Operation des Glühens auf einem Deckgläschen, das man zweckmässig auf ein Platinblech auflegt, so schützt schon die leichte Schmelzbarkeit des Deckgläschens vor zu heftigem Glühen und die spätere Reaction gelingt fast immer. Legt man die Objecte aber direct auf das Platinblech, so entsteht ungemein leicht Ätzkalk und es erfolgt natürlich nach Zusatz von Säuren kein Aufbrausen. Die Bildung von Ätzkalk wird hier natürlich durch die ungemein feine Vertheilung des Calcium-

[1] Vergl. dagegen Melnikoff, Untersuchungen über das Vorkommen des kohlensauren Kalkes in Pflanzen. Bonn 1877, S. 35 und 44.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

oxalates und die Gegenwart von Kohle im hohen Masse begünstigt. Es ist dies alles eigentlich selbstverständlich, aber doch dürfte es nicht überflüssig sein, dies hier hervorzuheben.

Nicht mindere Vorsicht ist geboten, bei Nachweis des (oxalsauren) Kalkes in Schirmtheilen, denen durch längeres Liegen in Essigsäure das Calciumcarbonat entzogen worden war. Setzt man derartig behandelten dünnen Querschnitten oder kleineren Membranstücken, die nach längerem Auswaschen noch reichliche Einlagerungen wahrnehmen lassen, Schwefelsäure zu, so findet unmittelbar an den Objecten sehr häufig keine Gypsausscheidung statt, welche aber nach einiger Zeit am Tropfenrande ausnahmslos sichtbar wird. Liegen die Objecte unter dem Deckgläschen, so bilden sich die Gypskrystalle häufig erst an dessen Rändern und können, wenn man einzelne dünne Schnitte dieser Behandlung unterzogen hat, auch leicht übersehen werden. Auch bei rascher Einwirkung starker Schwefelsäure bilden sich in der Regel keine deutlichen Gypskrystalle, sondern es entsteht ein feinkörniges Präcipitat in der Form der früheren Incrustation, was vielleicht weniger in der raschen und directen Wirkung der Säure auf das Calciumoxalat als darin seinen Grund hat, dass die rasch verquellende Membransubstanz als zäheflüssiges Medium die Ausbildung von grösseren Krystallen hindert.

Ich gehe nun zur Mittheilung einzelner Beobachtungen über:

Ein an 4 Ctm. langer Schirmstiel wurde in Essigsäure (50%) mehrere Tage liegen gelassen, dann mit destillirtem Wasser ausgewaschen. Auf weite Strecken hin war derselbe vollkommen durchsichtig geworden, so dass man mit aller Deutlichkeit das Lumen und die darin oft massenhaft vorhandenen Inulinsphärite und Inhaltsklumpen [1] unterscheiden konnte. An anderen Stellen waren aber nur die äusseren Membranschichten hyalin geworden; die inneren waren vollkommen undurchsichtig und verhinderten somit auch den Einblick in das Lumen; das Bild

[1] In diesem Inhaltsklumpen finden sich sehr häufig zahlreiche Eiweisshexaeder, ferner Calciumoxalatkrystalle, und (aber immer nur sehr kleine) Stärkekörner. Grössere konnte ich überhaupt in keinem Theile der Pflanze je auffinden.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

des optischen Längsschnittes machte den Eindruck, als ob das mit dunklem Inhalt dicht erfüllte Lumen an diesen Stellen breiter geworden wäre. Die Querschnitte zeigten vollkommen deutlich den wahren Sachverhalt: Die Membran war an manchen Stellen in ihrer ganzen Dicke hyalin und fein geschichtet. Die äusseren Schichten waren von Algenfäden durchwachsen. An anderen Stellen aber waren die inneren Partien der Aussenschicht gekörnt und in Folge dessen undurchsichtig, doch war zwischen beiden Schalen keine scharfe Grenze, sondern es nahm die Körnelung nach innen ganz allmälig zu. (Fig. 1.) Sie setzte sich ferner entweder durch die ganze innere Membranpartie fort, so dass die hyaline Innenschicht (Nägeli's innere Lage der Extracellularsubstanz) gar nicht hervortrat (vergl. Fig. 1) oder es war dieselbe in voller Deutlichkeit als ringsum gleich dicke Schichte vorhanden, oder sie war stellenweise verschmälert durch centripetales Vordringen der Körnelung von der aussen anliegenden Schichte (vergl. Fig. 2). Wo die körnige Incrustation auch die hyaline innere Schale ergriffen hat, da sind die einzelnen Körner häufig von ansehnlicher Grösse, zeigen starke Doppelbrechung, oft polygonalen Umriss, sind also Krystalle, was man namentlich an solchen Körpern deutlich erkennt, die über die Innenfläche der Membran in das Lumen vorspringen. Auch nach der Peripherie hin, wo die Körnelung lockerer wird, erscheinen in der sonst hyalin gewordenen Membransubstanz häufig grössere, doppelbrechende Körner, theils einzeln, theils paarweise verwachsen in Sanduhr- oder Biscuitform. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die unter so verschiedenen Formen erscheinende und so ungleichmässig die Membran durchlagernde Substanz Calciumoxalat ist. Dafür spricht die oft deutlich erkennbare Krystallform und das Auftreten der Gypskrystalle nach vorsichtiger (vergl. oben) Behandlung mit Schwefelsäure. Auch gelingt es, die das Oxalat enthaltenden Schichten durch vorsichtiges Glühen als Ringe zu erhalten, aus welchen dann bei Behandlung mit Schwefelsäure unter Aufbrausen wieder Gypsnadeln entstehen.

Die Einlagerung des Calciumoxalates reicht durch den ganzen Stiel bis in die wurzelartigen Fortsätze (den „Fuss"); ich weiss aber nicht, ob auch in das von de Bary entdeckte

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

„Basalstück", welches an den Pflanzen des mir zur Verfügung stehenden Materiales nicht vorhanden war.

Bezüglich der Vertheilung der Kalksalze im Schirme, habe ich oben darauf hingewiesen, dass schon das wechselnde Aussehen der Membran im durchfallenden Lichte auf eine ungleichmässige Vertheilung der incrustirenden Substanzen hinweist. Auch habe ich erwähnt, dass nach längerer Einwirkung von Essigsäure das Aussehen der Membran öfters gar nicht verändert wird, dass in anderen Fällen grössere oder kleinere Partien der Membran hyalin werden und nur einzelne Krystalle und Krystalldrusen oder grössere von deutlichen Krystallen umsäumte Scheibchen erhalten bleiben. Das nach der Einwirkung der Essigsäure hervortretende Flächenbild belehrt uns also über die Vertheilung des Calciumoxalates in der Fläche der Membran und zeigt, dass dasselbe theils gleichförmig die Membran durchlagert, theils nur an bestimmten Stellen vorkommt.

Ich habe versucht, in Fig. 3 zwei Flächenansichten von Membranstücken desselben Schirmes, der durch mehrere Tage in mässig verdünnter Essigsäure gelegen war, wiederzugeben. In 3*a* ist die Membran dicht gekörnt, und im durchfallenden Lichte ziemlich dunkel. Eingestreut zeigen sich hellere, theils kreisförmige, theils unregelmässige und öfters in einander fliessende Flecken, in deren Mitte öfters wieder ein dunklerer Kern sichtbar ist. Die dichter gekörnten (dunkleren) Partien erscheinen zwischen gekreuzten Nicols hell aufleuchtend, und zwar sind es dichtgedrängte grössere und kleinere Körperchen (Körner und Krystalle) von denen die Doppelbrechung ausgeht. Die helleren Partien erscheinen im polarisirten Lichte dunkel, doch bemerkt man bei stärkeren Vergrösserungen, dass auch sie von zahlreichen leuchtenden Punkten durchsetzt sind, die aber zerstreuter stehen und kleiner sind, wodurch eben der Gesammteffect der Erhellung bedeutend herabgedrückt wird, namentlich im Gegensatze zur starken Erhellung der umliegenden Partien. Wo im einfachen Lichte in den hellen Flecken dunklere Kerne hervortreten, da erscheinen zwischen gekreuzten Nicols die dunkleren Scheibchen mit hellglänzenden Kernen. Zum Verständniss der entsprechenden Querschnitte muss man sich erinnern, dass die Membran vor Einwirkung der Säure entweder in ihrer ganzen Dicke von körnigen

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Einlagerungen durchsetzt ist, oder dass die Innenschicht, wie Nägeli und Woronin es angeben, hyalin (von körnigen Einlagerungen frei) ist, oder dass auch in ihr, wie ich es regelmässig finde, an zahlreichen Stellen Einlagerungen vorkommen. Die obiger Flächenansicht entsprechenden Durchschnitte zeigen nun die peripherischen Membranpartien stellenweise, aber bis zu verschiedener Tiefe aufgehellt. An manchen Stellen reicht die Incrustation noch bis fast an die Peripherie, an den den hellen Flecken entsprechenden Stellen erscheint nur die Innenschichte locker incrustirt, und ihren öfters wahrzunehmenden dunklen Kernen entsprechen centrale Anhäufungen grösserer Krystalle.

Die zweite Ansicht (Fig. 3 *b*) wurde schon pag. 14 besprochen. Der Querschnitt zeigt, dass die Incrustation nur mehr in der Innenschichte vorhanden ist, während die Aussenschicht hell erscheint, und von zahlreichen grösseren und kleineren Hohlräumen (den Stellen der früheren Kalkeinlagerung) durchsetzt ist, welche ihr ein schwammiges Aussehen geben. In der Innenschicht findet man entweder dicht aneinander gedrängte eckige Körner, oder isolirt stehende deutlich ausgebildete Krystalle. Auch jene dunklen Scheibchen mit ihrem aus Krystallen und krystallinischen Körnern gebildeten Saume liegen in dieser Schichte (vergl. Fig. 4, 5). Ausnahmslos am stärksten ist die Anhäufung des Calciumoxalates an den Stellen, wo die Kammerscheidewände an die Aussenwände ansetzen. Von diesen Stellen aus setzt sich nun die Einlagerung in die Scheidewände selbst fort und zwar entweder als eine dünne, aus feinen Körnchen bestehende, die Mitte der Wand durchsetzende Lage, oder in Form grösserer eckiger Körner und deutlicher Krystalle, welche öfters die ganze Dicke der Scheidewand einnehmen, ja selbst beiderseits über ihre Oberfläche hervortreten und in die Lumina der Kammern hineinragen (Fig. 7). Dieses Vorspringen der in der Wand eingelagerten Krystalle in das Zellenlumen ist übrigens an allen Wandflächen eine sehr häufige Erscheinung und namentlich an jenen oben erwähnten der Mittelschicht der Aussenwände eingelagerten grossen und isolirt stehenden, äusserst schön zu beobachten. Bald ragt nur ein Eck hervor, bald ist wieder nur ein kleiner Theil des Krystalls in der Wand eingelassen, bald scheint der Krystall überhaupt nicht in dieser zu stecken, sondern ihr nur anzuhaften,

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

so dass man zweifelhaft sein kann, ob er überhaupt der Wand angehört. Bei dem Umstande, als ein Theil der Krystalle, wie oben erwähnt, unzweifelhaft entweder ganz in der Membran eingelagert ist, oder wenigstens zum grossen Theil in derselben steckt und dass, wie schon Eingangs (pag. 15) hervorgehoben, solche auch in den contrahirten und herausgerissenen Inhaltsklumpen vorkommen, hat eigentlich die Entscheidung der Frage nach der genauen Lage jener der Membran scheinbar nur anliegenden Krystalle an sich nur wenig Bedeutung. Doch mag constatirt werden, dass überall dort, wo der Innenfläche der Membran Krystalle anzuhaften scheinen, diese mit einer ungemein dünen protoplasmatischen Schichte überzogen ist, welche in günstigen Fällen durch Präparation sammt den Krystallen losgerissen werden kann.

Die im Vorstehenden beschriebenen Modificationen der Vertheilung des Calciumoxalates in der Wand des Schirmes sind die am häufigsten vorkommenden und am meisten typischen, und es hätte kein Interesse, andere seltener vorkommende Lagerungsverhältnisse weiter zu besprechen.

Man sieht, dass im Wesentlichen die Vertheilung dieses Kalksalzes im Schirme dieselbe ist wie im Stiele, dass dort wie hier die innere Schale theils von Einlagerungen frei bleibt, theils auf weitere Strecken continuirliche oder localisirte Ablagerungen zeigt, dass die Incrustation mit diesem Salze auch in die äussere Schale nach aussen aber verschieden weit vordringt, und dass es hier häufig, aber nicht immer, durch das kohlensaure Salz ersetzt wird.

In vielen Schirmen lässt sich bezüglich der Stärke der Incrustation und der Vertheilung der beiden Kalksalze eine Differenz zwischen Ober- und Unterseite des Schirmes nicht erkennen. Häufig ist aber die obere Wand stärker incrustirt, und zwar vorzüglich durch das Calciumoxalat, während in der nach unten stehenden Aussenwand das Carbonat reichlicher vertreten war. Demselben Schirmsector angehörige von einander isolirte, neben einander gelegte und mit Essigsäure behandelte Aussenwände lassen die diesbezügliche Differenz zwischen Ober- und Unterseite oft ganz auffallend hervortreten. Auch im Stiele beob-

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

achtete ich öfters auf weite Strecken hin eine vorwiegende Anhäufung des Oxalates in der einen Längshälfte.

Die Einlagerung des Calciumoxalates in der Zellwand von *Acetabularia* zeigt gewissermassen alle jene Modificationen, wie sie von Solms-Laubach[1] für verschiedene Pflanzen oder für verschiedene Gewebe derselben Pflanze beschrieben wurden. So finden wir in den Aussenwänden der Oberhautzellen, z. B. von Ephedraarten die ungemein feinkörnigen, häufig concentrisch geschichteten Einlagerungen wieder; bei manchen Mesembryanthemumarten die Localisirung derselben auf mehr oder minder circumscripte Stellen, wobei die Körnerzone bald ganz an die Cuticula angrenzt, bald von dieser entfernt, aber innerhalb der Cuticularschichten auftritt, bald noch weiter nach innen in die Celluloseschichten gerückt erscheint. Bleibt hier eine innerste, an das Zellenlumen anstossende Lage frei von Einlagerungen, so finden wir andererseits bei Sempervivum gerade in dieser vom Zellenlumen nur durch einen schmalen Saum getrennten Schichte eine Lage grösserer Krystalle; im Baste von Taxus liegen dieselben wieder in der innersten Membranschichte, ragen selbst in das Zellenlumen vor und bei *Cephalotaxus Fortunei*, im Blatte von *Podacarpus andina* etc. scheinen sie nur der Innenfläche der Zellhaut anzuliegen. Der oben beschriebenen Form der Einlagerung in den Kammerscheidewänden von *Acetabularia* entsprechen die häufigen Fälle der Einlagerung in den Mittellamellen z. B. im Weichbaste von *Biota orientalis*, *Araucaria excelsa* etc., wo in gleicher Weise die Wandansatzstellen als besonders bevorzugte Punkte der Einlagerung hervortreten. Ein Blick auf die der Abhandlung von Solms-Laubach beigegebenen Tafel lässt leicht alle auch bei *Acetabularia* vorkommenden Modificationen der Einlagerung herausfinden.

Die im Vorstehenden mitgetheilten Untersuchungen wurden an erwachsenen Schirmsprossen angestellt, welche im Sommer 1886 bei Rovigno gesammelt und in circa 70% Alkohol eingelegt worden waren, und die mir Herr Dr. Graeffe in Triest in der bereitwilligsten Weise zur Disposition gestellt hatte. Der in den Pflanzen dieses Materiales so auffallend hervortretende Gehalt an

[1] Bot. Zeitung. 1871 Nr. 31 et seq.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Calciumoxalat nicht bloss insoweit es als incrustirende Substanz auftritt, sondern vor allem insoweit als es in Form deutlich ausgebildeter Krystalle, die ja kaum übersehen werden können, im Zelleninhalte vorkommt, war im Hinblick auf die betreffenden Literaturangaben in hohem Grade überraschend. Wohl wäre es am Ende begreiflich gewesen, dass die Menge des in der Pflanze sich ablagernden Kalksalzes nach Localitäten bedeutenden Schwankungen unterläge, dass aber im Mittelmeere (woher wahrscheinlich sämmtliche bis nun genauer untersuchten Pflanzen stammten) die Incrustation vorzüglich durch kohlensauren, im adriatischen Meere durch oxalsauren Kalk bewirkt werde, war im höchsten Grade unwahrscheinlich. College Strassburger war nun so freundlich, mir eine Anzahl Schirmsprosse, die theils um Neapel, theils an der französischen Küste waren gesammelt worden, zur Untersuchung zu überlassen. Wie vorauszusehen war, zeigten auch sämmtliche Exemplare einen ziemlich reichen Gehalt an Calciumoxalat und im Wesentlichen in derselben Vertheilung, wie die Adriapflanzen. Im Allgemeinen waren die Einlagerungen etwas feinkörniger und die grösseren der Innenfläche anhaftenden Krystalle seltener, und mehr prismatische Formen vorherrschend. Auch hier zeigten sich in der Membran im durchfallenden Lichte jene hellen kreisrunden (0·1 Mm. Durchmesser und mehr messenden) Flecken, welche aber häufig zwischen gekreuzten Nicols stärker aufleuchteten, als die übrige Membranfläche, was, wie der Querschnitt lehrte, daher rührte, dass die körnigen Einlagerungen zwar lockerer vertheilt, die krystallinischen Körnchen aber grösser waren als ringsum.

Die Thatsache, dass die der Innenschicht so häufig eingelagerten grösseren Krystalle bald vollkommen in derselben eingebettet sind, bald aus derselben mehr oder weniger weit in das Zellenlumen hervorragen, bald ganz in diesem liegend der Membran nur anhaften, könnte wohl geeignet sein, als Stütze der Appositionstheorie Verwerthung finden. In der That könnten diese verschiedenen Lagerungsverhältnisse als verschieden weit vorgeschrittene Stadien der Einbettung der Krystalle gedeutet werden, welche in dem wandständigen Plasmabelege entstehend, durch succesive Ablagerung neuer Zellhautlamellen immer weiter in die Membran eingeschlossen würden. Ich glaube aber, dass

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

aus diesen fertigen Zuständen nicht auf die sie vorbereitenden Entwicklungsstadien geschlossen werden darf, und dass eine Entscheidung für oder wider erst möglich sein wird, wenn eingehende, die Beziehungen zwischen Dickenwachsthum der Membran und Incrustation betreffenden Beobachtungen an sich entwickelnden Schirmsprossen vorliegen werden. Dass das Vorkommen selbst grösserer Krystalle in Membranen die Annahme des Appositionswachsthumes nicht nothwendigerweise erfordert, dafür sprechen ja alle jene Thatsachen, welche über das nachträgliche Auftreten und die allmälige Vergrösserung von Krystallen in ursprünglich von Einlagerungen freien Membranen bekannt geworden sind.[1]

Speciell das in so vielen Fällen zu beobachtende Auftreten der Einlagerungen in der Mittellamelle der Kammerscheidewände und bei *Acetabularia* die Einlagerung jener grossen, die ganze Dicke der Scheidewand durchsetzenden und beiderseits in die Kammern vorspringenden Krystalle zwingen zur Annahme der Entstehung derselben innerhalb der Membran. Noch möchte ich hervorheben, dass, wollte man für die grossen der Innenschicht eingelagerten, eventuell aus ihr hervorragenden Krystalle eine durch successive Anlagerung neuer Membranlamellen bewirkte allmälige Einbettung annehmen, man dies doch auch auf jene charakteristischen scheibchenförmigen Krystallaggregate ausdehnen müsste. Dann aber müssten für dieselben, so wie für die Einzelkrystalle die verschiedenen Stadien der Einbettung zur Beobachtung gelangen und namentlich müsste man die Scheibchen öfters auch der Innenfläche der Membran anliegend finden, was mir aber in keinem einzigen Falle gelungen ist.

Die die Membran durchlagernden Kalkkörnchen und Krystalle sind nicht dicht von Membransubstanz umschlossen. Lässt man Flächenstücke, seien sie nun längere Zeit in Alkohol gelegen, oder in Wasser aufgeweicht, oder lebenden Pflanzen entnommen, am Objectträger austrocknen, so werden sie dunkel, indem alle Zwischenräume sich mit Luft füllen, deren Vordringen in die Capillaren man mit aller Deutlichkeit verfolgen kann. An den durch starke Incrustation im durchfallenden Lichte dunkel

[1] Vergl. Solms-Laubach l. c. S. 516.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

erscheinenden Membranen mit den hellen, kreisrunden Stellen (vergl. pag. 20) sind es immer zuerst die dunklen Partien, welche mit Luft erfüllt werden, die erst später in die hellen Scheibchen vordringt, welche aber natürlich wegen der geringeren Einlagerung auch immer nur theilweise und unvollständig abdunkeln. Diese Porosität der Membran (auch der des Stieles) erklärt uns übrigens auch noch eine andere Erscheinung: Es ist bekannt, dass die entkalkten Membranen bei Zusatz von Jodtinctur oder Jodkaliumjodlösung eine gelbbraune Farbe annehmen. Es geschieht dies sehr rasch und die Tiefe der Farbe ist stellenweise ungemein wechselnd, wenn sie auch im Allgemeinen nach innen zunimmt. Ebenso rasch aber erfolgt wieder die Entfärbung und erst wenn die Einwirkung des Jod längere Zeit gedauert hat, bleibt die Färbung nach dem Auswaschen erhalten. Es ist kein Zweifel, dass die Jodlösung vorerst nur in die Maschenräume der Membran vordringt, dass also die ungemein rasche Färbung, wie die spätere ebenso rasch erfolgende Entfärbung Folge der Porosität der Substanz ist. Wendet man die eine sehr starke Quellung bewirkende Clorzinkjodlösung an, so erfolgt in Folge Verschwindens der Poren keine merkliche Färbung.

Die in den obigen Auseinandersetzungen mitgetheilten Resultate der mikrochemischen Untersuchung finden ihre volle Bestätigung in einer von Herrn Privatdocenten Dr. Schacherl über meine Bitte vorgenommenen qualitativen Analyse, zu welcher circa 100 Exemplare der Adriapflanzen verwendet wurden. Herr Dr. Schacherl schreibt: „Die Alge wurde behufs systematischer Auslaugung zunächst wiederholt mit Wasser ausgekocht (um die Sphärokrystalle in Lösung zu bringen), hierauf mit 10% Essigsäure einige Tage digerirt, filtrirt, dann mit verdünnter Essigsäure und später mit Wasser ausgewaschen und der Rückstand nun in Salzsäure gebracht. Nach mehrtägigem Stehen wurde wieder filtrirt. Jede der erhaltenen Lösungen wurde für sich untersucht."

„1. Die wässerige Lösung, im Vacuum über Schwefelsäure verdunstet, hinterliess einen Rückstand, der zunächst einige Male mit kaltem Wasser durch Decantiren gewaschen, dann in

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

heissem Wasser gelöst wurde. Ein Theil dieser Lösung, mit Salzsäure invertirt, gab mit Fehling'scher Flüssigkeit deutliche Zuckerreaction. Aus einem anderen Theile der Lösung schied sich auf Zusatz von Alkohol der gelöste Körper wieder als weisses Pulver aus. Eine eingehendere Untersuchung konnte mit der geringen Menge der Substanz nicht ausgeführt werden, doch erscheint es sehr wahrscheinlich, dass dieselbe Inulin sei."

„2. Der Essigsäureauszug enthielt neben der sehr beträchtlichen Menge des in Lösung gegangenen Calciumcarbonates noch Phosphorsäure an Kalk und Magnesia gebunden, ferner Spuren von Eisen und Mangan."

„3. Die salzsaure Lösung lieferte, mit Ammoniak alkalisch gemacht, einen Niederschlag, der sich als Calciumoxalat erwies."

Die Feststellung der Thatsache des gleichzeitigen Vorkommens beider Kalksalze in der Membran von *Acetabularia* regt eine Reihe von Fragen an, deren sichere Beantwortung aber, wie ich glaube, nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse nicht möglich ist. Abgesehen von dem unvollkommenen Einblick in den Chemismus der Pflanze überhaupt, fehlt uns in diesem speciellen Falle schon über die rein morphologischen Verhältnisse der Einlagerung in der lebenden Pflanze und in den verschiedenen Entwicklungsstadien derselben jede Erfahrung. Hängt die Einlagerung beider Salze mit Lebensvorgängen der Zelle zusammen, oder ist die Infiltration mit Calciumcarbonat von diesen unabhängig, als rein physikalischer Vorgang aufzufassen? Und ist das Erstere der Fall, wie haben wir uns das local so ungemein wechselnde Mengenverhältniss beider Salze zu erklären? Ist die Einlagerung des einen oder des anderen Kalksalzes von gewissen Entwicklungsstadien der Pflanze abhängig, oder findet sie gleichzeitig während der ganzen Lebensdauer derselben statt?

Es wird von allen Beobachtern erwähnt, dass die Einlagerung des (kohlensauren) Kalkes mit dem Alter der Pflanze zunimmt, dass dieselbe aber auch an Individuen desselben Alters (Entwicklungszustandes) der Quantität nach, starken Schwankungen unterworfen ist, und de Bary gibt an, dass seine in der

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Cultur erzogenen Pflanzen eine abnorm geringe Incrustation zeigten. Auch ist bekannt, dass der Schirm der erwachsenen Pflanzen weniger incrustirt ist, als der Stiel und Woronin theilt mit, dass die jungen schirmlosen Pflänzchen noch keine Kalkablagerung zeigen, und dass diese erst während der Entwicklung des Hutes beginnt und allmälig von unten nach oben fortschreitet.

Es ist selbstverständlich, dass Woronin nur den aus dem während des Winters erhalten gebliebenen Stielstumpfe mit dem Wiederbeginn der Vegetation hervorgewachsenen Frühjahrstrieb meint, da jener natürlich schon von der früheren, respective den früheren Vegetationsperioden her mit Kalk incrustirt ist. Für den neu entwickelten Theil ist nun die Angabe Woronin's insoweit richtig, als sich dieselbe auf das Calciumcarbonat bezieht. Aber schon wenig hinter der Spitze und ungefähr in der Höhe, wo die Haarquirle ausgewachsen sind, kann die Anwesenheit des Calciumoxalates leicht nachgewiesen werden. Dies und die schon pag. 20 erwähnte Thatsache, dass kleine Schirme öfters nur durch das Oxalat incrustirt sind, lässt die Annahme als wahrscheinlich erscheinen, dass die Infiltration in ihren ersten Stadien durch dieses Salz bewirkt wird. Es ist natürlich dieser Vorgang von einer activen Mitwirkung der Pflanze abhängig. Was den kohlensauren Kalk betrifft, so wäre es, wollte man dessen Einlagerung in die Cystolithen von Ficus zum Vergleiche herbeiziehen, wohl möglich, dass er aus einer in die Zellhaut eingelagerten anderen Calciumverbindung hervorgeht. Es ist aber auch noch eine andere Möglichkeit in Betracht zu ziehen: Ich habe oben erwähnt, dass austrocknende Membranen mit Luft injicirt werden können, dass sie also porös sind. Der Oberfläche der Schirmsprosse sitzen ferner zahlreiche epiphytische Algen auf, welche mit ihren Wurzeln in die Zellwand eindringen. Das capillare, dieselbe durchsetzende System ist also an zahlreichen Punkten nach aussen geöffnet, und die Membran erscheint gewissermassen, wenigstens local, von Meerwasser durchtränkt. Der kohlensaure Kalk könnte also auf diesem Wege, das heisst von aussen eingeführt und der Lösung entzogen werden, wobei nicht einmal eine active Betheiligung der Pflanze angenommen zu werden braucht. Dass die epiphytischen Algen zur Ablagerung des Calciumcarbonates in der Membran in irgend welcher Beziehung

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

stehen (sie könnten bei der Abscheidung dieses Salzes sogar direct und activ betheiligt sein!), dafür sprechen manche Thatsachen: Ich habe schon oben erwähnt, dass im Stiele die Incrustation mit dem kohlensauren Salze von der Basis nach dem oberen Ende abnimmt, dass dasselbe im Schirm vorzüglich am Nabel und am Rande angehäuft ist, wobei ausserdem sehr häufig die Ventralwände mehr davon erhalten, als die dorsalen. Dieser Vertheilung des Carbonates entspricht im Grossen und Ganzen auch die Vertheilung der Colonien epiphytischer Algen. Am Schirm sind es vor allem Rand und Unterseite, welche oft eine überaus reiche Algenvegetation zeigen, während dieselbe auf der Oberseite und in der Fläche höchst spärlich ist. Ebenso ist an der Stielbasis die Algenvegetation in der Regel reicher als weiter oben. Die aus Neapel stammenden Individuen und ebenso die mir aus Miramare und ebenfalls durch die grosse Güte des Herrn Dr. Gräffe zugekommenen, waren ungemein dicht bewohnt, die aus Rovigno aber erschienen am Schirme fast ganz algenfrei. Der reicheren Algenvegetation entsprach immer auch eine reichere Ablagerung des Calciumcarbonates und die kleineren Schirme der Adriapflanzen waren, wie schon oben pag. 20 erwähnt, fast carbonatfrei. Auch ein allerdings nur einmal beobachteter Ausnahmsfall möge hier Erwähnung finden: Der Stiel eines Schirmspross war wie gewöhnlich in seinem oberen Theile durch die starke Incrustation glänzend weiss und vollkommen undurchsichtig. Die Zellhaut des basalen Theiles aber war so durchsichtig, dass man leicht den durchscheinenden Zellinhalt erkennen konnte. Hier fehlte denn auch vollkommen die Algenvegetation, welche aber in der oberen Hälfte in reicher Entwicklung vorhanden war.

Ich habe oben auf Grund direct angestellter Beobachtungen angegeben, dass in den (jungen) Membranen zuerst das Calciumoxalat auftritt. Es ist aber ganz selbstverständlich, dass die Incrustation mit diesem Salze auch während der Ablagerung des Carbonates noch fortdauert. Es wäre sogar möglich, dass ein Theil des oft in so grossen Mengen der Membran eingelagerten Oxalates derselben nicht als solches aus dem Innern zugeführt, sondern erst an Ort und Stelle durch Zersetzung des kohlensauren Salzes gebildet wird.

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

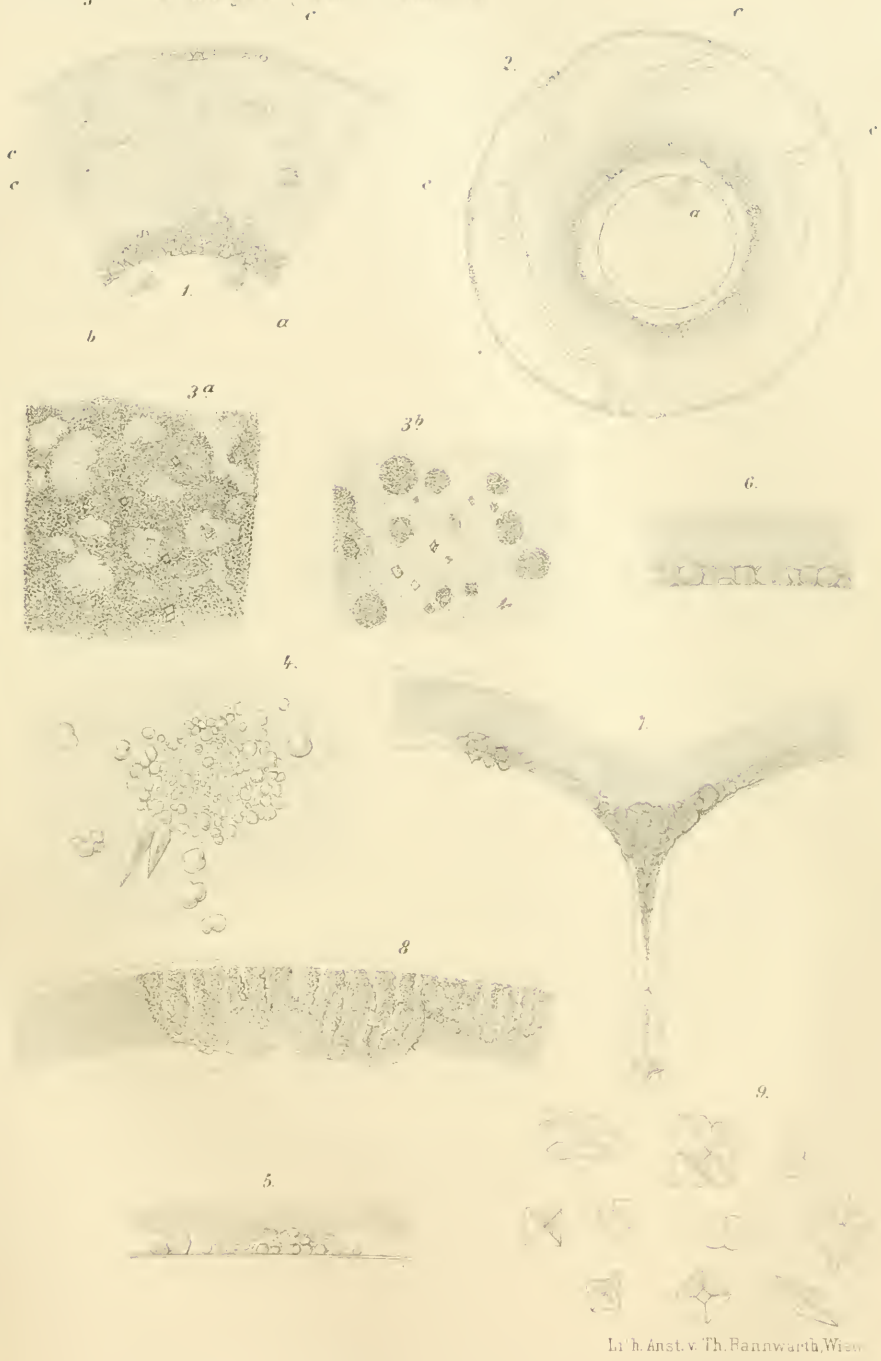
Die Annahme einer solchen secundären Umsetzung des der Membran eingelagerten Calciumcarbonates (durch die während des Vegetationsprocesses sich bildende Oxalsäure) in das Calciumoxalat würde das so wechselnde Mengenverhältniss der beiden incrustirenden Salze und die ungleichmässige Vertheilung derselben in der Fläche und Dicke der Membran viel leichter verständlich machen, und es wäre dadurch namentlich für die überraschende Thatsache eine befriedigende Erklärung gegeben, dass öfters selbst die peripherischen, normal Carbonat enthaltenden Membranschichten stellenweise durch das Oxalat incrustirt erscheinen (pag. 19).

Sollte ein solcher Umsetzungsprocess in der That stattfinden, und sollte anderseits auch die Ablagerung des Carbonates aus dem von aussenher die Membran durchtränkenden Wasser (in Folge der Entziehung der lösenden Kohlensäure) erfolgen (vergl. oben), so bliebe noch immer die weitere Frage offen, ob und bis zu welchem Grade die Pflanze die so disponibel gewordene Kohlensäure für sich zu verwenden vermag.

Indem die den Schirmstiel bewohnenden Algen in die peripherischen Membranschichten eindringen und dieselben durchwachsen, tragen sie natürlich auch zur Lockerung und endlicher Zerstörung derselben bei.

Es ist dies, wie ich glaube, für die Ökonomie der Pflanze von Bedeutung, da dadurch das Flächenwachsthum der inneren Membranschichten erleichtert wird, was sich ziemlich ausgiebig gestalten muss, um bei dem starken Dickenwachsthume der Membran eine fortschreitende Verengung des Lumens des wohl durch mehrere Vegetationsperioden persistirenden Stielstumpfes hintanzuhalten. Für diese Auffassung dürfte auch folgende Beobachtung sprechen: Der Stiel zeigt, wie ja bekannt, nicht selten in seinem unteren Theile Einschnürungen, und diesen entsprechend locale Verengungen des Lumens, die oft so weit gehen, dass nur enge Canäle die Continuität desselben erhalten. So weit ich beobachten konnte, entspricht jeder solchen Einschnürungsstelle die Ansiedlung einer Myrionema, deren Thallus, in der Ringfurche liegend, oft zu einem Gürtel zusammenschliesst. Die aus einer Zellenschicht bestehende Pflanze sendet keine Wurzelfäden in den als Substrat fungirenden Acetabularia-Stiel, dessen Oberfläche sie

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

Download from The Biodiversity Heritage Library http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum

aber dicht anhaftet, und dadurch die Ansiedlung anderer Algen fern hält. Dadurch wird aber auch die Auflockerung der äusseren Membranschichten vermieden, und in dieser secundären Beeinflussung des Dickenwachsthumes und nicht in einer unmittelbar mechanischen, nach Art einer Ligatur wirkenden Hemmung desselben finde ich die Beziehung zwischen den localen Einschnürungen des Stieles und den Myrionema-Ansiedlungen.

Figuren-Erklärung.

Fig. 1. Stück der Wandung von einem Querschnitt durch den basalen Theil des Stieles, nach längerer Behandlung mit Essigsäure. Die innersten Schichten sind durch Calciumoxalat dicht gekörnt. Vergl. pag. 25 bei *a* ein Inulinsphärit, bei *b* ein Calciumoxalatkrystall, *c* Fadenstücke eingedrungener Algen. Vergr. 350.

„ 2. Ein Querschnitt, in einer höheren Region desselben Stieles geführt, gleich behandelt. Die Innenschicht zeigt keine Einlagerung. Bezeichnung wie Fig. 1. Vergr. 200.

„ 3. *a* und *b*. Stücke der Aussenwand benachbarter Schirmstrahlen nach Behandlung mit Essigsäure, *c* 200mal vergrössert. Vergl. S. 26.

„ 4. Ein Stück der Fig. 3 *b* mit einem Calciumoxalatscheibchen stärker (500mal) vergrössert.

„ 5. Dasselbe Membranstück mit dem Scheibchen im Durchschnitte. Vergl. S. 27.

„ 6. Querschnitt durch die Aussenwand, nach Behandlung mit Essigsäure. In der Innenschicht ist Calciumoxalat in Form grösserer eckiger Körner eingelagert. Vergr. 500. Vergl. S. 27.

„ 7. Stück eines Querschnittes durch den Schirm. K, Kammerscheidewand. Mit Essigsäure behandelt, zeigt die Einlagerung des Calciumoxalates.

„ 8. Querschnitt durch ein Stück der Schirmaussenwand, nach Behandlung mit Essigsäure. Vergr. 500. Vergl. S. 20.

„ 9. Krystalle des Calciumoxalates. Vergr. 350. Vergl. S. 15.